

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/EP05/000301

International filing date: 14 January 2005 (14.01.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: US
Number: 60/536,514
Filing date: 15 January 2004 (15.01.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 23 February 2005 (23.02.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

10.02.2005

PA 1276660



THE UNITED STATES OF AMERICA

TO ALL TO WHOM THESE PRESENTS SHALL COME:

UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE

United States Patent and Trademark Office

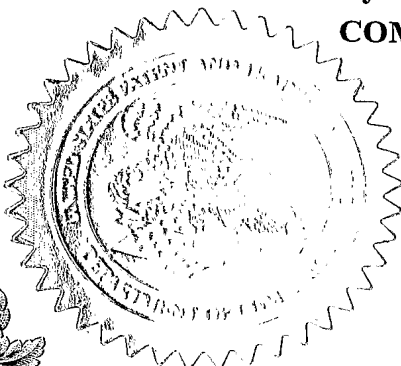
January 26, 2005

THIS IS TO CERTIFY THAT ANNEXED HERETO IS A TRUE COPY FROM
THE RECORDS OF THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK
OFFICE OF THOSE PAPERS OF THE BELOW IDENTIFIED PATENT
APPLICATION THAT MET THE REQUIREMENTS TO BE GRANTED A
FILING DATE UNDER 35 USC 111.

APPLICATION NUMBER: 60/536,514

FILING DATE: *January 15, 2004*

By Authority of the
COMMISSIONER OF PATENTS AND TRADEMARKS



P. SWAIN

Certifying Officer

LAW OFFICES OF
JACOBSON HOLMAN
PROFESSIONAL LIMITED LIABILITY COMPANY

400 SEVENTH STREET, N. W.
WASHINGTON, D. C. 20004
(202) 638-6666

JACOBSON HOLMAN STERN
OF COUNSEL
MARVIN R. STERN
NATHANIEL A. HUMPHRIES

TELEFAX:
(202) 393-5350
(202) 393-5351
(202) 393-5352

E-MAIL: JP@JHIP.COM
INTERNET: WWW.JHIP.COM

*BAR OTHER THAN D.C.

January 15, 2004

Atty. Docket No.: P69451USO
CUSTOMER NUMBER: 00136

19587 U.S. PTO
60/536514



Mail Stop Provisional Patent Application
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Transmitted herewith for filing is a PROVISIONAL APPLICATION of

Rainer NETZER, Hamburg, GERMANY
Andreas EBNETH, Hamburg, GERMANY
Ulrike BISCHOFF, Hamburg, GERMANY

for **VERFAHREN ZUR UNTERSUCHUNG DER AKTIVITAT VON IONENKANALEN**. The application (German language) comprises a 10-page specification and 1 sheet of drawings.

Accompanying this application for filing is:

X Filing Fee: Small Entity, \$80.00 X Large Entity, \$160.00

A Credit Card Payment Form authorizing the amount of \$160.00 is enclosed to cover the Filing Fee. The Commissioner is hereby authorized to charge payment of any fees set forth in §§1.16 or 1.17 during the pendency of this application, or credit any overpayment, to Deposit Account No. 06-1358. A duplicate copy of this sheet is enclosed.

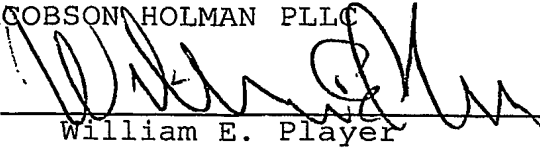
CORRESPONDENCE ADDRESS:

JACOBSON HOLMAN PLLC
400 Seventh Street, N.W.
Washington, D.C. 20004

Respectfully submitted,

JACOBSON HOLMAN PLLC

By


William E. Player
Reg. No. 31,409

WEP:mch

Verfahren zur Untersuchung der Aktivität von Ionenkanälen

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Untersuchung der Aktivität von Ionenkanälen.

Die Membranen lebender Zellen erfüllen eine Vielzahl von Funktionen, die für die Unversehrtheit und Aktivität von Zellen und Geweben von großer Bedeutung sind. Abgrenzung und Regelung des Zellinhaltes, Stoffaustausch sowie Weiterleitung von Signalen sind Beispiele für derartige Funktionen. Geladene Moleküle und anorganische Ionen (wie beispielsweise Na^+ , K^+ , Ca^{2+} - und Cl^- -Ionen) können Membranen nicht durch einfache Diffusion durch die Lipiddoppelschicht durchqueren, sondern benötigen hierzu bestimmte Transportsysteme der Membran. Derartige Transportsysteme umfassen insbesondere Ionenkanäle, von denen eine große Vielzahl nicht zuletzt aufgrund ihrer immensen Bedeutung für diverse Krankheitsbilder sehr gut u.a. im Hinblick auf ihre biochemischen und elektrophysiologischen Eigenschaften charakterisiert sind. Derartige Ionenkanäle können gezielt geöffnet und geschlossen werden, so dass Ionen nicht ständig durch diese fließen können. Der Nettodurchfluss von individuellen Ionen wird hierbei von Faktoren wie der Permeabilität für dieses Ion, dem Konzentrationsgradienten des Ions und der elektrischen Potentialdifferenz zwischen den beiden Seiten der Membran bestimmt. Im allgemeinen unterscheidet man Ionenkanaltypen, die auf eine Änderung des elektrischen Potentials reagieren (spannungsabhängige Ionenkanäle) von solchen, die auf bestimmte Signalstoffe, sog. Transmitter, reagieren. Des weiteren sind Ionenpumpen bekannt, die für den aktiven Ionentransport entgegen des elektro-chemischen Gradienten unter Energieverbrauch sorgen. Auf diese Weise werden charakteristische Unterschiede in den Ionenkonzentrationen zwischen intra- und extrazellulärem Raum aufgebaut bzw. aufrechterhalten. Ein wichtiges Beispiel ist die sogenannte Natrium-Kalium-Pumpe, welche einen gekoppelten Transport von Natrium und Kalium unter Verbrauch von ATP als Energiequelle ermöglicht.

Es sind eine Vielzahl von Krankheitsbildern bekannt, die medikamentös durch eine gezielte Beeinflussung der Aktivität von Ionenkanälen behandelt werden. Hierzu

gehören u.a. Antiarrhythmika, d.h. Mittel zur Behandlung von Herzrhythmusstörungen, die nach ihren elektrophysiologischen Wirkungsmechanismen in unterschiedliche Klassen eingeteilt werden. So wirkt beispielsweise der Calciumantagonist Verapamil über eine Blockade von Calciumkanälen, währenddessen Vertreter der Kaliumantagonisten wie Amiodaron und Sotalol durch Blockade von Kaliumkanälen eine selektive Verlängerung der Aktionspotentialdauer bewirken. Weitere Krankheitsbilder, die durch eine Aktivierung oder Blockade von Ionenkanälen beeinflusst werden können, sind z.B. eine große Anzahl der ZNS-Erkrankungen (Epilepsie, Schmerz, Schlaganfall, Migräne), Autoimmunerkrankungen, Krebs oder Diabetes.

Im Rahmen der pharmazeutischen Wirkstoffforschung ist es wünschenswert, Testverfahren zur Verfügung zu haben, mit denen der Einfluss einer potentiell pharmakologisch aktiven Substanz auf derartige Ionenkanäle genau erfasst werden kann. Dies ist zum einen von Bedeutung für die Entwicklung von Substanzen, deren Wirkmechanismus auf der gezielten Beeinflussung von Ionenkanälen basiert, zum anderen aber auch für die Evaluierung von potentiellen Nebenwirkungen, d.h. die unerwünschte Beeinflussung von Ionenkanalaktivitäten durch die putativen Pharmaka.

Das Membranpotential lebender Zellen wird maßgeblich durch die intra- und extrazellulären Natrium-, Kalium- und Chlorid-Ionenkonzentrationen bestimmt. Untersucht man beispielsweise den Einfluss der Blockierung eines Kaliumkanals auf das Ruhemembranpotential lebender Zellen, dann wird nach der Goldman-Hodgkin-Katz-Gleichung im wesentlichen die Leitfähigkeit von Kalium über die Membran verändert, was sich auf das Membranpotential auswirkt. Dieser Veränderung können Zellen unter anderem damit begegnen, dass die Leitfähigkeit anderer Ionen über die Membran verändert wird, so dass ein Nettoeinfluss der Kaliumkanalblockade auf das Membranpotential verringert oder sogar verhindert wird. Dies kann durch die Aktivierung von Pumpensystemen in den Zellen erfolgen, die aktiv Ionen transportieren.

Erfasst man nunmehr in einem Testverfahren das Membranpotential lebender Zellen unter Einfluss einer potentiellen oder bekannten pharmakologisch aktiven Substanz, so besteht die Gefahr, dass der gemessene Potentialwert aufgrund der beschriebenen Gegenregulationsmechanismen verfälscht ist. Diese Verfälschung kann sogar soweit gehen, dass eine Beeinflussung des Membranpotentials bei Vorliegen eines ungünstigen Signal-Rausch-Verhältnisses gegebenenfalls nicht mehr erkennbar ist.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es somit, ein Testverfahren zur Untersuchung der Aktivität von Ionenkanälen bereitzustellen, welches die vorgenannten Störeinflüsse minimiert.

Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren mit den Merkmalen des unabhängigen Anspruchs 1. Die weiteren Ansprüche betreffen bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung.

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Untersuchung der Aktivität von Ionenkanälen mit folgenden Schritten:

- Bereitstellen einer Probe enthaltend eine oder mehrere Zellen, welche membranständige Ionenkanäle aufweisen, und
- Ermitteln eines Wertes eines Messparameters als Indikator für die Aktivität der Ionenkanäle,

dadurch gekennzeichnet, dass die Ermittlung des Wertes des Messparameters bei einer Temperatur deutlich geringer als die übliche Raumtemperatur, insbesondere \leq etwa 10 °C, durchgeführt wird.

Die vorliegende Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass man durch Temperaturniedrigung den Zellen die Möglichkeit entziehen kann, das Membranpotential durch die Aktivierung der vorgenannten Pumpensysteme zu beeinflussen. Im Stand der Technik beschriebene Testverfahren z.B. zur Evaluierung von Kaliumkanalblockern werden typischerweise bei Körpertemperatur, d.h. 37 °C, oder bei Raumtemperatur durchgeführt. Entzieht man den Zellen die Möglichkeit, das Membranpotential durch die Aktivierung der vorgenannten Pumpensysteme zu

beeinflussen, indem man die Temperatur erniedrigt, dann können die Zellen einer Änderung des Membranpotentials durch Blockade von Kalium- oder Natriumkanälen nicht mehr so effektiv wie bei 37 °C oder Raumtemperatur begegnen.

Gemäß der vorliegenden Erfindung ist es bevorzugt, eine Bestimmung des Messparameters bei Temperaturen von etwa ≤ 10 °C, insbesondere jedoch etwa ≤ 5 °C durchzuführen. Besonders bevorzugt sind hierbei Temperaturen etwa ≤ 2 °C. Die untere Temperaturgrenze beträgt vorzugsweise 0 °C. Da die zu untersuchenden Zellproben typischerweise in isotonischen Pufferlösungen vorliegen, ist es prinzipiell auch möglich, knapp unter 0 °C zu messen, typischerweise bis zu -2 °C oder -4 °C.

Vorzugsweise ist der Messparameter das Membranpotential der Zelle oder ein Maß hierfür. Es ist jedoch in einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens auch möglich, dass der Messparameter eine extra- und/oder intrazelluläre Ionenkonzentration oder ein Maß hierfür ist.

Insbesondere ist es bevorzugt, dass der Wert des Messparameters vor, während und/oder nach Zusatz einer die Aktivität der Ionenkanäle (potentiell) beeinflussenden Testsubstanz ermittelt wird. Hierbei kann insbesondere die Aktivität eines transmitterabhängigen Ionenkanals untersucht werden. Es kann jedoch auch die Aktivität eines spannungssensitiven Ionenkanals ermittelt werden. Hierbei kann es sich insbesondere um die Aktivität eines Kaliumkanals, eines Natriumkanals oder eines Calciumkanals handeln.

Die Ermittlung eines Maßes für die Ionenkonzentration oder das Membranpotential kann z.B. durch Fluoreszenzmethoden, radioaktive Methoden oder Atomabsorptionsspektroskopie erfolgen.

Als Maß für das Membranpotential kann z.B. die Fluoreszenzemission eines spannungssensitiven Fluoreszenzfarbstoffes, insbesondere des Farbstoffes Dibac4(3) dienen, wie weiter unten ausführlicher dargestellt. Es kann jedoch auch bevorzugt sein, die Ionenkonzentration von Rubidium (als Austauschion),

insbesondere radioaktivem Rubidium, zu messen. Ferner kann z.B. die Ionenkonzentration von Calcium mittels Chelatoren gemessen werden.

Die bei den erfindungsgemäß niedrigen Temperaturen durchzuführende Bestimmung des Membranpotentials kann insbesondere mittels an sich bekannter Fluoreszenzassays unter Verwendung handelsüblicher Fluoreszenzreader (z.B. FLIPR der Fa. Molecular Devices), konfokaler Fluoreszenzmikroskope oder durchflußcytometrischer Apparaturen durchgeführt werden. Hierbei können typischerweise potentialsensitive Fluoreszenzfarbstoffe, wie z.B. der handelsübliche Verteilungsfarbstoff Bis-(1,3-dibutylbarbitricacid)trimethaneoxonol ($\text{Dibac}_4(3)$), Anwendung finden. $\text{Dibac}_4(3)$ ist ein Farbstoff vom Bis-oxonol-Typus, dessen Verteilung im Zellcytosol bei Membrandepolarisation erhöht wird. Dieser Vorgang geht einher mit einer Erhöhung der Fluoreszenzintensität. Tritt der Farbstoff somit bei einer Depolarisation des Ruhemembranpotentials der Zellen z. B. aufgrund einer Blockade von spannungsabhängigen Kaliumkanälen in die Zellen ein, so ist eine Erhöhung der Fluoreszenzintensität detektierbar. In vorteilhafter Weise wird im übrigen die Quantenausbeute dieses Oxonolderivats durch die erniedrigten Temperaturen begünstigt. Durch die hiermit einhergehende Erhöhung der Signalstärke kann somit zusätzlich zu der oben beschriebenen Inhibierung der zellulären Pumpsysteme ein nochmals verbessertes Signal-Rausch-Verhältnis herbeigeführt werden.

Ein weiterer Vorteil betrifft die Stabilität des auszulesenden Signals. Bei einer Durchführung des Tests bei 37 °C oder Raumtemperatur können die anfangs durch Zugabe eines Kanalblockers (wie z. B. Kaliumkanalblocker) auf Zellen hervorgerufenen Fluoreszenzsignale (z. B. $\text{Dibac}_4(3)$ -Fluoreszenz) u.a. aufgrund der Tätigkeit von endogenen Ionenpumpen nach einem kurzen transienten Anstieg wieder auf den Anfangszustand zurückgeführt werden. Dies bedeutet, daß das zeitliche Fenster zur Messung eines Effektes von Substanzen auf die Ionenkanäle eng ist, so daß eine online-Messung in einem sehr kurzen Zeitfenster (typischerweise weniger als 2 min) nach Zugabe der Testsubstanz erfolgen muß, was mit hohen Anforderungen an das Messgerät verbunden ist. Wird der Test bei erniedrigten Temperaturen durchgeführt, dann beobachtet man einen solchen Abfall

des initial hervorgerufenen Signals nicht oder nur in einem sehr verringerten Ausmaß. Dies hat den Vorteil, daß die Messung eines Effektes einer Substanz auf einen zu untersuchenden Ionenkanal auch nach mehrstündiger Inkubation erfolgen kann. Dies wiederum erleichtert ein Screening einer großen Anzahl von Substanzen erheblich und erhöht damit den Durchsatz. Die Umwandlung eines transienten Signals in einen stabilen Ausleseparameter macht viele Ionenkanäle erst für ein Screening zugänglich.

Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend in einem experimentellen Beispiel verdeutlicht.

Beispiel 1:

CHO Zellen, die stabil mit dem spannungsabhängigen Kaliumkanal HERG transfiziert wurden, wurden trypsinisiert und abzentrifugiert. Die Zellen wurden danach in 1X Puffer (10 mM HEPES, pH 7,3, 140 mM Na⁺, 2 mM K⁺, 1 mM MgCl₂, 2 mM CaCl₂) mit 4 µM DiBAC₄(3) (Molecular Probes) aufgenommen und in einer Zahl von 2E4/well in 50 µl auf eine 384-well Mikrotiterplatte mit transparentem Boden gegeben, in der die folgenden Substanzen vorgelegt waren: 5 µl Puffer (2 mM K⁺), 5 µl Puffer + 300 mM K⁺, und 5 µl Puffer + 10 µM E4031/2 mM K⁺.

DiBac₄(3) diente als spannungsabhängiger Fluoreszenzfarbstoff, der bei einer Depolarisierung der Zellmembran (z.B. hervorgerufen durch Erhöhung der extrazellulären Kaliumkonzentration oder durch Blockade von Kaliumkanälen) durch die Zellmembran in die Zelle eintritt, dort an intrazelluläre Proteine und Membranen bindet, was zu einer Erhöhung der Fluoreszenz führt.

In den oben beschriebenen Ansätzen wurde die Kaliumkonzentration durch Zugabe einer geeigneten Stammlösung auf 2 mM (Null-Kontrolle) sowie auf 30 mM gebracht (Kontrolldepolarisierung). Als Antagonist des HERG-Kaliumkanals wurde E4031 bei einer Kaliumkonzentration von 2 mM dazugegeben.

Die Auslesung erfolgte nach einer 150-minütigen Inkubation auf Eis sowie einer sich daran anschließenden Inkubation für 30 Minuten bei Raumtemperatur auf einem

handelsüblichen Fluoreszenzlesegerät (Fluostar, bmg) bei einer Anregungswellenlänge von 485 nm und einer Emissionswellenlänge von 525 nm.

Die Ergebnisse des vorbeschriebenen Testverfahrens sind in nachstehender Tabelle 1 sowie Figur 1 zusammengefasst. Man kann erkennen, dass die Fluoreszenzsignalsteigerung, die durch Blockade des HERG-Kaliumkanals durch den Antagonisten E4031 hervorgerufen worden ist, bei Inkubation auf Eis signifikant stärker ist als bei Raumtemperatur. Die Steigerung des Signals erhöht sich von 41,76 % bei Raumtemperatur auf 66,62 % auf Eis.

Tabelle 1

150 min Inkubation auf Eis plus 30 min anschließende Inkubation bei Raumtemperatur

	Mittelwert Rfu*	Stdabw **	Fehler [%]	Signal- steigerung [%] ***
2 mM K ⁺	9037.67	211.27	2.34	
30 mM K ⁺	19496.33	376.26	1.93	115.72
1 µM E4031	12811.67	350.54	2.74	41.76

150 min Inkubation auf Eis

2mM	13997.67	217.94	1.56	
30mM	29495.67	648.56	2.20	110.72
1 µM E4031	23323.00	567.56	2.43	66.62

* Rfu: relative Fluoreszenzintensität

** Stdabw: Standardabweichung

*** Steigerung des ermittelten Fluoreszenzsignals im Vergleich zur Nullkontrolle (Fluoreszenzsignal bei 2 mM K⁺)

Ansprüche

1. Verfahren zur Untersuchung der Aktivität von Ionenkanälen mit folgenden Schritten:

- Bereitstellen einer Probe enthaltend eine oder mehrere Zellen, welche membranständige Ionenkanäle aufweisen, und
- Ermitteln eines Wertes eines Messparameters als Indikator für die Aktivität der Ionenkanäle,

dadurch gekennzeichnet, dass die Ermittlung des Wertes des Messparameters bei einer Temperatur \leq etwa 10 °C durchgeführt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Ermittlung des Wertes des Messparameters bei einer Temperatur \leq etwa 5 °C, insbesondere \leq 2 °C, besonders bevorzugt zwischen 1 °C und 0 °C erfolgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Ermittlung des Wertes des Messparameters bei einer Temperatur zwischen etwa 10 °C und - 4 °C erfolgt.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Messparameter das Membranpotential der Zelle oder ein Maß hierfür ist.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Messparameter eine extra- und/oder intrazelluläre Ionenkonzentration oder ein Maß hierfür ist.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Wert des Messparameters vor, während und/oder nach Zusatz einer die Aktivität der Ionenkanäle potentiell beeinflussenden Testsubstanz ermittelt wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Aktivität eines transmitterabhängigen Ionenkanals untersucht wird.

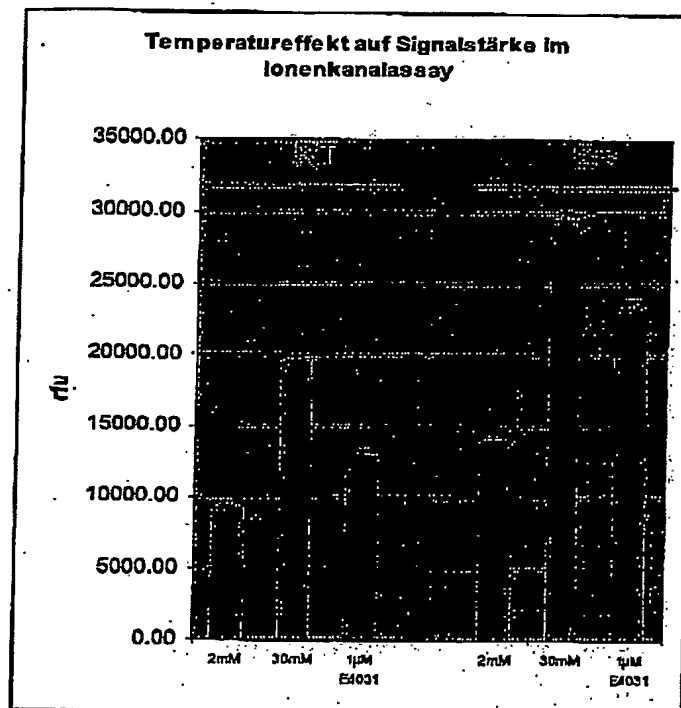
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Aktivität eines spannungssensitiven Ionenkanals untersucht wird.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Aktivität eines Kaliumkanals, eines Natriumkanals oder eines Calciumkanals untersucht wird.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Ermittlung eines Maßes für die Ionenkonzentration oder für das Membranpotential durch Fluoreszenzmethoden, radioaktive Methoden oder Atomabsorptionsspektroskopie erfolgt.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als Maß für das Membranpotential die Fluoreszenzemission eines spannungssensitiven Fluoreszenzfarbstoffes, insbesondere des Farbstoffes Dibac4(3) dient.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Ionenkonzentration von Rubidium, insbesondere radioaktivem Rubidium, gemessen wird.
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Ionenkonzentration, insbesondere von Calcium, mittels Chelatoren gemessen wird.
14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Werte mehrerer Messparameter ermittelt werden.
15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche zur Anwendung in der pharmazeutischen Wirkstoffforschung, insbesondere im Hochdurchsatzscreening von potentiell oder nachweislich aktiven pharmazeutischen Substanzen.

Zu ammenfassung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Untersuchung der Aktivität von Ionenkanälen mit folgenden Schritten:

- Bereitstellen einer Probe enthaltend eine oder mehrere Zellen, welche membranständige Ionenkanäle aufweisen, und
- Ermitteln eines Wertes eines Messparameters als Indikator für die Aktivität der Ionenkanäle,

dadurch gekennzeichnet, dass die Ermittlung des Wertes des Messparameters bei einer Temperatur \leq etwa 10 °C durchgeführt wird.



Figur 1